

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-167195

(43)Date of publication of application : 02.07.1993

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
G02B 6/12

(21)Application number : 03-333572

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 17.12.1991

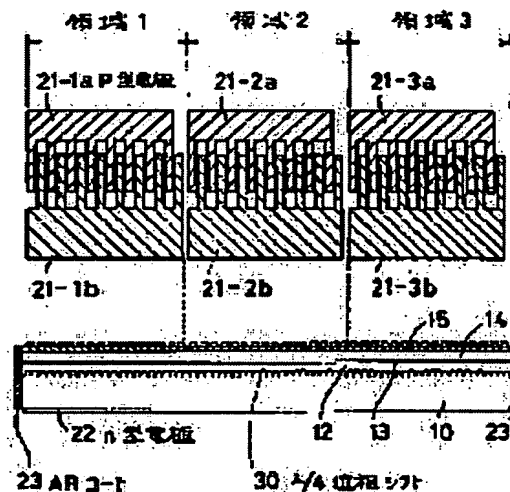
(72)Inventor : KINOSHITA JUNICHI
OTSUKA KAZUAKI

(54) DISTRIBUTED FEEDBACK TYPE SEMICONDUCTOR LASER AND ITS DRIVING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a distributed feedback type semiconductor laser which is little affected by hole burning in the axial direction.

CONSTITUTION: A P-type electrode in a phase shift type DFB laser of GaInAsP/ InP based buried structure is divided into independent electrode regions 1, 2, 3. For example, the region 1 is divided into independent comb type electrodes 21-1a and 21-1b. Electrode fingers (tooth of the comb) of the one electrode 21-1a interdigitate fingers of the other electrode 21-1b facing with the electrode 21-1a so as to have a resonance axis as the center. The regions 2, 3 have the same structure. The electrodes are formed in response to element characteristics, and these selected electrodes are connected by wire-bonding, so that a current is applied by one channel.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3142333

[Date of registration] 22.12.2000

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the distribution feedback mold semiconductor laser which has periodic structure in accordance with the waveguide structure containing a barrier layer The electrode for pouring a current into the above-mentioned barrier layer is divided into two or more electrode fields to the above-mentioned waveguide direction. And it is the distribution feedback mold semiconductor laser which two or more above-mentioned electrode fields consist of a pectinate form electrode of the independent couple which has an electrode finger, respectively, and is characterized by the electrode finger of one above-mentioned pectinate form electrode having entered between the electrode fingers of the above-mentioned pectinate form electrode of another side.

[Claim 2] The actuation approach of the distribution feedback mold semiconductor laser characterized by connecting some [in two or more above-mentioned pectinate form electrodes] above-mentioned pectinate form electrodes, and pouring in a current in distribution feedback mold semiconductor laser according to claim 1.

[Claim 3] Distribution feedback mold semiconductor laser to which resistance of the field which a relative light consistency increases is characterized by being smaller than a perimeter in the embedding distribution feedback mold semiconductor laser which has periodic structure in accordance with the waveguide structure containing a barrier layer, embeds the perimeter of the above-mentioned mesa stripe-like waveguide structure in a semi-conductor layer with a refractive index lower than the above-mentioned waveguide, and is formed.

[Claim 4] The width of face of the above-mentioned barrier layer is distribution feedback mold semiconductor laser according to claim 3 characterized by being the width of face according to the concavo-convex configuration of the maximum upper layer of the above-mentioned mesa stripe.

[Claim 5] Distribution feedback mold semiconductor laser according to claim 3 characterized by the above-mentioned field containing an impurity in high concentration.

[Claim 6] Distribution feedback mold semiconductor laser according to claim 5 characterized by the above-mentioned impurity being zinc.

[Claim 7] Semiconductor laser according to claim 3 characterized by ***** whose maximum upper layer of the above-mentioned mesa stripe in the above-mentioned field is a crevice.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the distribution feedback mold semiconductor laser which performs optical feedback by the diffraction grating formed along with optical waveguide, and the single mode distribution feedback mold semiconductor laser oscillated especially with one oscillation line.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, distribution feedback mold semiconductor laser (DFB (DistributedFeedback) laser) is used as the light source for optical communication. This component prepares periodic perturbation (diffraction grating) along with optical waveguide, and can realize actuation with a single oscillation line (single longitudinal mode) by that wavelength selectivity. It is GaInAsP/InP as the light source especially for long-distance high-speed optical communication. Utilization of this DFB laser is progressing using the system ingredient.

[0003] Generally, semiconductor laser has applied feedback of light by using the end face of the both as a reflecting mirror. (FP mold: Fabry-Perot Mold (Fabry-Perot)). On the other hand, feeding back light by the diffraction grating with wavelength selectivity can call a DFB laser the description. Therefore, there may not be an echo of an end face fundamentally. However, by this laser, the implementability of a single longitudinal-mode oscillation is decided by the configuration of a diffraction grating, the depth, and the magnitude of the echo by the end face and the phase of a diffraction grating formed inevitably. Therefore, in a single mode, it does not oscillate but the yield is not necessarily low.

[0004] On the other hand, there is a DFB laser of a phase shift mold. This is the structure of reducing the reflection factor of both the cleavage end face, and having the discontinuity (phase shift) section (only the phase equivalent to one fourth of the guide wave lengths λ being shifted) of the period of a diffraction grating in the center of a resonator. Since the oscillation threshold gain difference of the longitudinal mode of the component of this $\lambda/4$ shift structure is also large, it is very advantageous to single mode actuation.

[0005] Usually, the approach the diffraction grating which has a phase shift performs two-beam-interference exposure combining a positive resist and negative resist For example, (the spring Japan Society of Applied Physics lecture draft in the Showa 60 fiscal year besides Uko, 29 p-ZB -15), Or the method of performing two-beam-interference exposure using a phase mask (for example, Shirasaki others) the Showa 60 Institute of Electronics, Information and Communication Engineers and the semiconductor material category convention (autumn) 311 -- similarly it is formed in Showa 60 besides Shirasaki of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, a photon electronics seminar report, OQE 85-60, etc. These approaches are deficient in optimization of conditions [, such as a design of a phase mask, and reduction of an unnecessary echo], such as a class of resist, and exposure conditions, in repeatability, and the formation approach of a diffraction grating of having a phase shift is difficult.

[0006] Here, it is GaInAsP/InP. The phase shift mold DFB laser of a system embedded structure is

explained to a detail with reference to drawing 7 . First, the primary diffraction grating 51 is formed by the two-beam-interference exposing method on the n mold InP substrate 50. $\lambda/4$ phase shift 52 of drawing 7 (b) are formed by the above-mentioned approach. It is the n mold GaInAsP on it. The waveguide road layer 53 ($\lambda=1.3$ -micrometer band presentation) and undoping GaInAsP A barrier layer 54 (1.55-micrometer band presentation) and p mold InP A cladding layer 55 and p+ Mold GaInAsP The laminating of the ohmic contact layer 56 ($\lambda=1.15$ -micrometer band presentation) is carried out one by one, and mesa etching of them is carried out at the shape of a stripe. Then, it is the p mold InP to the perimeter of a stripe. The embedding layer 57 and n mold InP The embedding layer 58 and undoping GaInAsP The cap layer 59 ($\lambda=1.15$ -micrometer band presentation) is formed and embedded (BH structure). Next, p mold electrode is formed in a principal plane, and n mold electrode is formed in a rear face. Since a current is blocked by pn reverse bias junction in an embedding field at this time, a current is efficiently poured only into the GaInAsP barrier layer 54. Moreover, the reflection factor of both the cleavage end face is reduced with the AR (Anti-reflection) coat 62.

[0007] The phase shift mold DFB laser has the following faults, although there is little effect of the phase of an end face and it is easy to oscillate it by the single longitudinal mode, since the end-face echo is made very small.

(1) Formation of a actual phase shift is difficult.

(2) Although a phase shift needs to be mostly located in the center of a resonator, the location cannot be viewed after crystal growth.

[0008] In order to solve these, there is the approach of forming an equivalence phase shift. This prepares the equivalence phase shift field where dimensions, such as width of face of waveguide and thickness, differ from a perimeter instead of forming a actual phase shift in a diffraction grating. Since the equivalent refractive index of this equivalence phase shift field differs from a perimeter, propagation light is before and after passage of this field, and the relative topology to a diffraction grating changes. Therefore, what is necessary is just to form a diffraction grating in homogeneity, without meaning that the phase shift was formed equivalent and forming the diffraction grating which has a phase shift.

[0009] Drawing 8 explains the conventional equivalence phase shift mold DFB laser. GaInAsP It has the equivalence phase shift field 63 which narrowed width of face of a barrier layer 54 in the resonator central field. In case this forms a stripe, the stripe width of face of a resonator central field forms the stripe pattern mask which is changing narrowly, and it can realize it easily by carrying out mesa etching. Especially the process peculiar to phase shift structure has realized the conventional simple phase shift structure and the property more than an EQC the unnecessary top (for example, the spring Japan Society of Applied Physics lecture draft in the Heisei 2 fiscal year besides Matsuyama, 30 a-SA -17).

[0010] However, it sets to an equivalence phase shift mold DFB laser, and is the n mold GaInAsP. The waveguide road layer 53 and GaInAsP When the thickness of a barrier layer 54 varies the whole wafer, dispersion happens to an equivalent refractive index. Consequently, the die length of the equivalence phase shift field 63 for realizing a desired shift amount changes. Therefore, the amount of a phase shift will vary. Moreover, the mask of what class with which equivalence phase shift field length differs corresponding to change of thickness is needed.

[0011] By the way, in a phase shift mold DFB laser, the hole burning phenomenon of shaft orientations happens, and after single longitudinal-mode nature's oscillating, it may be spoiled. (For example, -56 or Institute of Electronics, Information and Communication Engineers [besides Soda], and photon electronics seminar OQE87-7p.49 1986) That is, when the value of normalization coupling-coefficient κL (L: cavity length) is larger than 1.25 (drawing 9 (a)), waveguide light concentrates on the location of $\lambda/4$ phase shift 52 (continuous line). The big bias of such optical intensity distribution of resonator shaft orientations is GaInAsP. Distribution of the relative carrier consistency in a barrier layer 54 is changed. That is, the carrier consistency of the part which is concentrating light decreases (broken line). Furthermore, the refractive index of waveguide changes corresponding to this distribution. By change of this waveguide structure, the gain difference between the longitudinal modes which were large values becomes small with much trouble. That is, single longitudinal-mode nature is spoiled greatly.

[0012] Moreover, as drawing 9 (b) shows, when the value of κL is smaller than 1.25, the relative density of the waveguide light in a resonator center section decreases (continuous line). Therefore, a relative carrier consistency increases in the center section (broken line). Therefore, the refractive index of a center section becomes small. Since the optimum value ($\lambda/4$) of a phase shift is negated also in this case, a gain difference becomes small. Consequently, single longitudinal-mode nature is spoiled greatly too.

[0013] Next, the effect a hole burning phenomenon affects a laser property is explained. the so-called supermarket where slope effectiveness becomes good continuously after an oscillation -- a linear curve is drawn. Since distortion arises in an output signal, the component of such a property is inapplicable to especially analog communication. A component with an I-L (current-optical output) property with sufficient linearity is desired. Moreover, after nonlinear output characteristics are shown, the kink (kink) which is a break point arises and it jumps in 2 mode actuation from a single mode in many cases.

[0014] The light in an equivalence phase shift field closes the equivalence phase shift mold DFB laser which narrowed width of face, and small, relatively, since equivalent-refractive-index change is small, eye ** is said for there to be little effect of a hole burning. (For example, the autumn Japan Society of Applied Physics lecture draft in the Showa 63 fiscal year besides Nakano, 6 p-ZC -7.) However, this effectiveness is not enough, either.

[0015] The ununiformity current pouring-in method is proposed as an approach of compensating the hole burning of these shaft orientations (for example, the Showa 63 Institute of Electronics, Information and Communication Engineers autumn national conference besides Usami, C 1988 [155 or]). This divides the electrode of laser into two or more electrodes in which current impregnation is independently possible to shaft orientations, and passes a separate quantity of a current from the exterior to each electrode. If many currents are poured into the electrode of the field where the carrier consistency decreased relatively by the hole burning so that this decrement may be compensated, the nonlinear tee of an optical output and 2 mode-ization can be prevented. However, only the number of the electrodes divided into the exterior of a component is required for variable resistance. Including adjustment of these variable resistance, a control system is complicated and the cost as a module goes up.

[0016]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] A phase shift mold DFB laser cannot view [that formation of a phase shift is difficult, and] whether there is any location of a phase shift in the center of a resonator. Therefore, although there is the approach of forming an equivalence phase shift, the mask of what class with which phase shift length differs corresponding to change of the thickness of a barrier layer or a waveguide road layer is needed, and it takes time and effort.

[0017] Moreover, in a phase shift mold DFB laser, the hole burning phenomenon of shaft orientations happens, and after single longitudinal-mode nature's oscillating, it may be spoiled. The equivalence phase shift mold DFB laser of clearance of the effect of a hole burning which narrowed width of face is not enough, either. Therefore, there is the ununiformity current pouring-in method as an approach of compensating a hole burning. However, in order to pass a separate quantity of a current to two or more independent electrodes, variable resistance is needed and only the number of the electrodes divided into the exterior of a component has a complicated control system.

[0018] So, this invention aims at being able to control the amount of phase shifts easily, and not applying a burden to the control system of the component exterior while the effect of the hole burning of shaft orientations offers little distribution feedback mold semiconductor laser.

[0019]

[Means for Solving the Problem] This invention shows compensation of relative change of the carrier consistency by the hole burning below, in order to lessen effect of a hole burning.

[0020] In case a primary method carries out mesa etching in a DFB laser at the shape of a stripe, it controls the waveguide after mesa etching, and the width of face of a barrier layer by changing the thickness of an ohmic contact layer in a phase shift field and the field outside this phase shift field.

[0021] The second approach makes small resistance between the electrode in a phase shift field, and a barrier layer. After embedding in a DFB laser and forming a layer, the ohmic contact layer of a phase

shift field is etched, and high impurity concentration is selectively raised by diffusion of an impurity, or placing of ion to a phase shift field so that distance between electrode-barrier layers may be made small. [0022] The third approach uses as two or more pectinate form electrodes the impregnation electrode formed in a DFB laser, and changes spacing of the gear tooth of this pectinate form electrode. The resistance between electrode-barrier layers is changed equivalent by changing spacing of the gear tooth of a comb. Adjustment of spacing of the gear tooth of a comb is effectually performed by whether the current from another electrode finger which has entered between this gear tooth is poured in, or it does not carry out. That is, an electrode is chosen according to a property and wirebonding is carried out. From the exterior, a current is impressed by one channel.

[0023] If it puts in another way, the electrode for pouring a current into a barrier layer will be divided into shaft orientations to two or more independent electrode fields. And each electrode field is divided into two or more electrodes of the shape of a gear tooth of a still more nearly independent comb. And the finger of a pectinate form electrode is the structure of the DFB laser characterized by having entered between the fingers of other pectinate form electrodes, and it is characterized by choosing a part of two or more electrode fingers of the shape of a gear tooth of an independent comb, and passing a current.

[0024]

[Function] According to the primary method, the width of face of waveguide and a barrier layer is changed in a phase shift field and the field outside this phase shift field after mesa etching by changing the thickness of an ohmic contact layer in a phase shift field and the field outside this phase shift field. It means an equivalent refractive index's changing and preparing a phase shift field equivalent by that cause.

[0025] Moreover, it is the difference in the distance from the electrode in a phase shift field to a barrier layer, and since the current injection rate to a barrier layer changes, relative change of the carrier consistency by hole vaning can be compensated. Furthermore, an equivalence phase mold DFB laser can be formed easily, without preparing the mask of a phase shift set by the variation in the thickness of a barrier layer and waveguide like before.

[0026] The distance between an electrode and a barrier layer becomes small by making low the ohmic contact layer of a phase shift field the second. Moreover, resistance between an electrode and a barrier layer can be made small by raising the high impurity concentration of a phase shift field. Since after an oscillation becomes fixed [the potential of a barrier layer], the current injection rate to a barrier layer changes with the resistance between an electrode and a barrier layer. Therefore, impregnation of a carrier increases in the small part of resistance, and relative change of the carrier consistency by the hole burning of shaft orientations can be compensated.

[0027] The electrode for pouring a current into a barrier layer according to the third approach is divided into the pectinate form electrode with which plurality became independent to shaft orientations, further, when the finger of a pectinate form electrode has entered between the fingers of other pectinate form electrodes, by changing the electrode to connect, the resistance between electrode-barrier layers can be changed with sufficient control equivalent, and the current injection rate to a barrier layer can be changed. That is, the impregnation of a carrier of the small part of equivalent resistance increases. Thereby, relative change of the carrier consistency by the hole burning of shaft orientations can be compensated.

[0028]

[Example] They are the following and this invention GaInAsP/InP The example carried out to the DFB laser with system pad mold structure is explained to a detail with reference to a drawing below.

[0029] The first example is an example applied to the equivalence phase shift mold DFB laser. Drawing 1 is the perspective view of the mesa stripe by this invention which has the equivalence phase shift field 100 which narrowed width of face of a barrier layer stripe in the center of a resonator. The ohmic contact layer heights 110 on the equivalence phase shift field 100 are equivalence phase shift field 100 Sotogami's P+. Mold GaInAsP It is formed more thickly than the ohmic contact layer 15.

[0030] The level difference of those ohmic contact layers is a wafer selectively with a suitable mask, before carrying out mesa etching at the shape of a stripe P+ Mold GaInAsP It can form easily by etching

the ohmic contact layer 15. The dimension of this level difference is controlled by etching time.

[0031] The ohmic contact layer heights 110 and P+ Mold GaInAsP When carrying out the stripe pattern mask of the width of face same on the ohmic contact layer 15 and performing mesa etching, along with the Ath (111) page, etching progresses in an inverse triangle cross-section configuration. Therefore, the direction of the equivalence phase shift field 100 where an ohmic contact layer is thick when forming GaInAsP barrier layer 13 side face in the Ath (111) page is the n mold GaInAsP from other fields.

Waveguide road layer 12+GaInAsP As for a barrier layer 13, width of face becomes narrow (drawing 2 (a)). That is, n mold GaInAsP Waveguide road layer 12+GaInAsP The difference of the width of face of a barrier layer 13 is the ohmic contact layer heights 110 and P+. Mold GaInAsP It is decided by the level difference of the ohmic contact layer 15.

[0032] Therefore, the level difference of an ohmic contact layer is controlled according to thickness, such as a barrier layer, (following and controlling width of face), and the amount of equivalence phase shifts can be controlled. Therefore, the class of stripe mask does not need to change equivalence phase shift field length, either, and can be managed with one kind.

[0033] In this case, it is GaInAsP in the equivalence phase shift field 100. Since the width of face of a barrier layer 13 is narrow and distance with an electrode has it, resistance becomes large. [large] Therefore, the current injection rate to the equivalence phase shift field 100 after an oscillation decreases relatively. When [when the value of κ_L (normalization coupling coefficient) is smaller than 1.25] the relative light reinforcement in the phase shift section is small, it is effective in stopping a hole burning.

[0034] Moreover, it is GaInAsP when denting the ohmic contact layer of the equivalence phase shift field 100 conversely. Since the width of face of a barrier layer 13 is wide and distance with an electrode is also small, resistance becomes small. Therefore, the current injection rate to a phase shift field increases after an oscillation relatively. For this reason, when the value of κ_L decreases relatively [it is larger than 1.25 and / the carrier consistency of the phase shift section], it is effective in stopping a hole burning. However, GaInAsP Light shuts up because the width of face of a barrier layer 13 becomes large relatively, a multiplier becomes large, and change of a refractive index becomes large. Balance with this is the point of control of a hole burning.

[0035] The first example of the above is the case where a barrier layer is formed by making the Ath (111) page into a side face after that a mesa is narrow. On the other hand, when forming a barrier layer side face in the part of the end breadth under a constriction of a mesa, as shown in drawing 2 (b), as for width of face, such as a barrier layer, the direction of an equivalence phase shift field becomes large.

[0036] Next, the second example is shown from drawing 3 . Drawing 3 makes mesa ETCHING the shape of a stripe in a phase shift mold DFB laser, and is P type InP to the both sides of a stripe. The embedding layer 16 and n mold InP The embedding layer 17 and GaInAsP Sequential formation of the cap layer 18 is carried out. Then, P+ on the resonator central field which has a phase shift Mold GaInAsP Etching is performed to the ohmic contact layer 15, and the concave field 120 is formed. For this reason, resistance of a phase shift field becomes smaller than a perimeter. Therefore, since it is poured in so that a current may be compensated, a hole burning is controlled and an optical output-current characteristic with sufficient linearity is acquired to several 10mW in single longitudinal-mode actuation.

[0037] Furthermore, the third example is shown from drawing 4 . It is GaInAsP like the second example. Selective diffusion of an impurity, for example, the zinc, is carried out to the resonator central field which has a phase shift in the phase shift mold DFB laser formed to the cap layer 18, and the zinc diffusion field 130 is formed in it. This drawing (b) and (c) are sectional views of a resonator center section and a resonator edge which have the zinc diffusion field 130, respectively.

[0038] Since resistance became low and is spread further width, the field which diffused zinc in high concentration has been further formed into low resistance. The diffusion section is the resistance below one half of the non-spread section (the whole resistance is about 4ohms in 300 micrometers of cavity length). Therefore, since it is poured in so that the resonator center section whose carrier consistency decreases may be compensated for a current, a hole burning is controlled and the good optical output-

current characteristic of rectilinear-propagation nature is acquired to 100mW in single longitudinal-mode actuation.

[0039] The value of κ_L of this component is 2.5. In this value, with the component without the conventional impurity diffusion field, the optical output-current characteristic showed the saturation inclination by 20mW or less, the mode jump was started, and it had become the 2 modes. However, an I-L property can be remarkably improved by attaining low resistance-ization of a phase shift field like the second and third examples.

[0040] More nearly finally than drawing 5, the fourth example is shown. This drawing is GaInAsP/InP. It is the top view of the electrode structure of p mold electrode and the sectional view of resonator shaft orientations in the phase shift mold DFB laser which has a system embedded structure. The electrode is divided into three fields to resonator shaft orientations (fields 1, 2, and 3). Each field consists of 2 electrodes (pectinate-form electrode: 21-1a, 21-1b, 21-2a, 21-2b, 21-3a, 21-3b) of the pectinate form which has the gear tooth of the comb which faces each other centering on a resonance shaft. For example, the field 1 is constituted by electrode 21-1a and 21-1b, the gear tooth (electrode finger) of the comb of electrode 21-1a has entered between the electrode fingers of electrode 21-1b, and those tabling parts include the stripe part top at least.

[0041] Spacing of an independent electrode finger is GaInAsP. In case a current flows to a barrier layer 13, it is set as a value to which equivalent resistance becomes large compared with a whole surface electrode. That is, GaInAsP. Although the current has spread in the barrier layer 13 neighborhood, directly under an electrode finger, a current is narrow depending on the width of face of an electrode finger. The electrode finger which has geared to it shows the resistance near a whole surface electrode, when both function.

[0042] When κ_L value is larger than 1.25, waveguide light concentrates on $\lambda/4$ phase-shift location 30, and a carrier consistency decreases. In this case, wirebonding is carried out so that a current may flow only to other four electrodes except electrode 21-1a and 21-3a. From the exterior, a current is impressed by one channel. If this is operated, since the electrode which is a pair is got blocked on the other hand and only electrode 21-1b and 21-3b are functioning, in fields 1 and 3, resistance will become large. On the other hand, in a field 2, both counter-electrode 21-2a and 21-2b are functioning, and resistance is small. Therefore, many currents flow in the resonator center section in which the carrier consistency is decreasing relatively by the hole burning. Thereby, reduction of the relative carrier consistency by the hole burning can be compensated.

[0043] As shown in the continuous line of drawing 6, the linearity of the I-L property in this case is good. The stable single mode with little change is obtained without the kink which is a break point like [in the case of the whole surface electrode shown in a broken line] arising.

[0044] Moreover, when κ_L value is smaller than 1.25, the relative density of the waveguide light in a resonator center section decreases, and a relative carrier consistency increases. In this case, wirebonding is carried out so that a current may flow only to other five electrodes except electrode finger 21-2a. If this is operated, since only one side of a counter-electrode functions, in a field 2, resistance will become large. On the other hand, in fields 1 and 3, both counter-electrodes function and resistance is small. Therefore, the current which flows in the resonator center section which a relative carrier consistency increases by the hole burning can be lessened, and relative change of the carrier consistency by the hole burning can be compensated.

[0045] Thus, since what is necessary is just to choose the electrode to operate with the property of a component, a component with few adverse effects of a hole burning is obtained also with κ_L value of arbitration. Moreover, the width of face chosen with extent of a hole burning by it not only dividing into three fields, but changing the width of face of an electrode finger, or dividing into three or more fields spreads.

[0046] This invention is GaInAsP/InP. It is applicable not only to a phase shift mold DFB laser with a system embedded structure but other ingredients and other stripe geometry. Moreover, it is applicable not only to a phase shift mold but the distribution feedback mold semiconductor laser structure which optical power concentrates on an end face.

[0047]

[Effect of the Invention] According to this invention, the component which stops a hole burning and can maintain the single longitudinal mode to a high optical output by any approach can be offered. Even when barrier layer thickness varies for every wafer by moreover changing the thickness of an ohmic contact layer in a resonator central field, the desired amount of phase shifts can be controlled easily.

[0048] Moreover, current impregnation can be performed in one channel by connecting those pectinate form electrodes according to the property of a component by making the configuration of an electrode tabling of the pectinate form electrode with which plurality became independent. Therefore, a burden new to an external circuit does not require complicated control, without being generated.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] GaInAsP/InP of the first example by this invention It is the perspective view of the mesa stripe of the equivalence phase shift mold DFB laser of a system embedded structure.

[Drawing 2] It is the sectional view of the equivalence phase shift field in drawing 1 , and other fields.

[Drawing 3] GaInAsP/InP of the second example by this invention It is the perspective view of the mesa stripe of the phase shift mold DFB laser of a system embedded structure.

[Drawing 4] GaInAsP/InP of the third example by this invention It is the perspective view and fragmentary sectional view of a mesa stripe of a system embedded structure. [of a phase shift mold DFB laser]

[Drawing 5] GaInAsP/InP of the fourth example by this invention It is the top view of p lateral electrode of a phase shift DFB laser and the sectional view of resonator shaft orientations with system pad mold structure.

[Drawing 6] It is drawing showing the current-optical output (I-L) property of expressing the operating characteristic of the fourth example.

[Drawing 7] Conventional GaInAsP/InP It is the perspective view and A-A sectional view of a phase shift mold DFB laser chip of a system embedded structure.

[Drawing 8] Conventional GaInAsP/InP It is the perspective view of the mesa stripe of the equivalence phase shift mold DFB laser of a system embedded structure.

[Drawing 9] It is drawing showing the relative light reinforcement and the relative carrier consistency of shaft orientations of laser which are shown in drawing 7 .

[Description of Notations]

10 [Waveguide road layer,] -- An n mold InP substrate, 11 -- A diffraction grating, 12 -- n mold GaInAsP 13 -- GaInAsP A barrier layer, 14 -- p mold InP A cladding layer, 15 -- p+ Mold GaInAsP Ohmic contact layer, 16 -- p mold InP An embedding layer, 17 -- n mold InP An embedding layer, 18 -- GaInAsP A cap layer, 21-NX [-- AR coat, 30 / -- $\lambda / 4$ phase shifts.] (N:1, 2 and 3, X:a, b) -- p electrode, 22 -- n electrode, 23

[Translation done.]

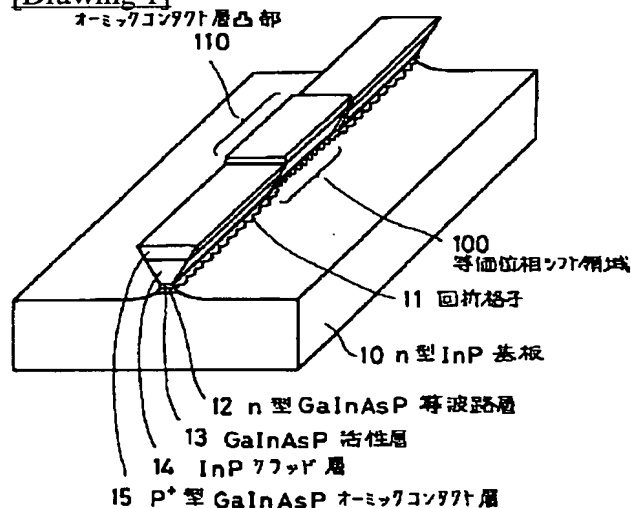
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

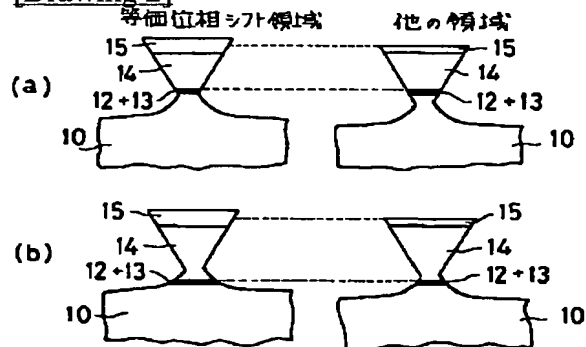
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

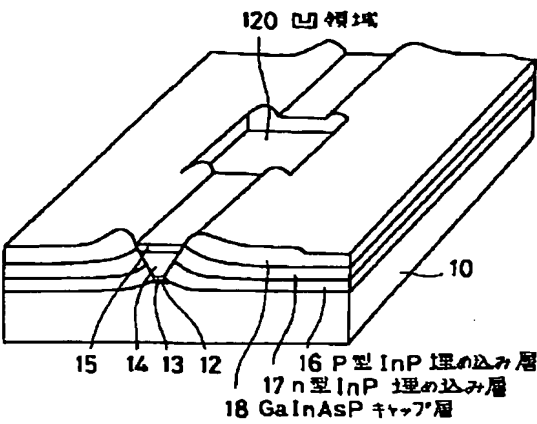
[Drawing 1]



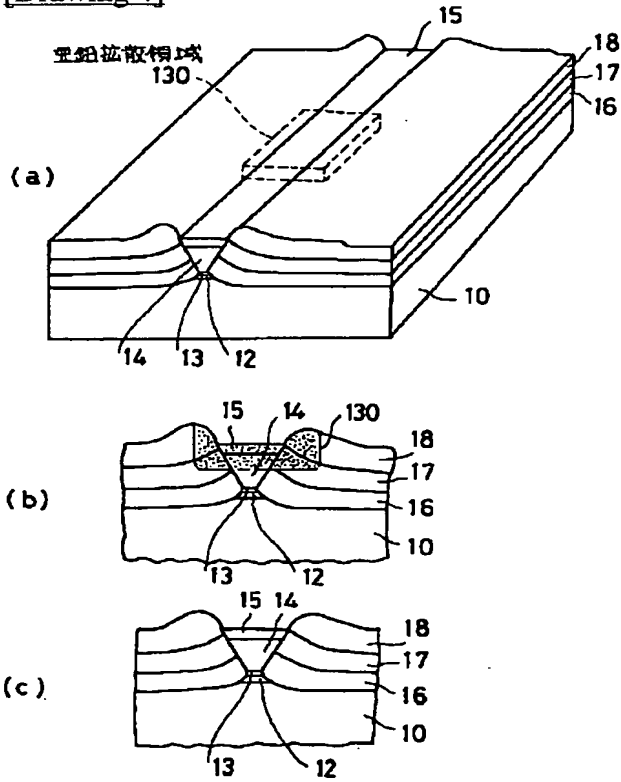
[Drawing 2]



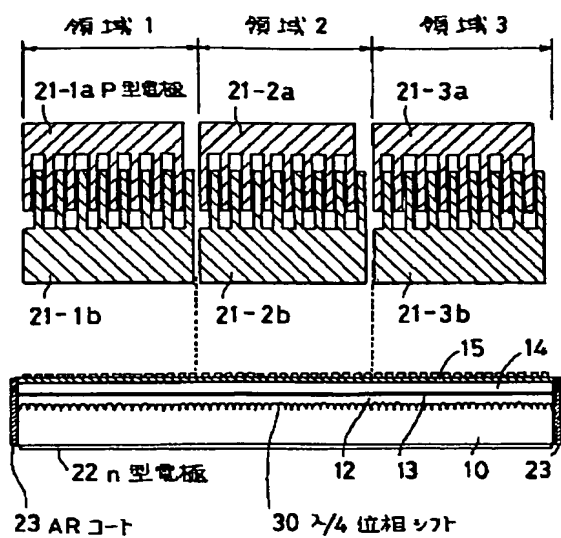
[Drawing 3]



[Drawing 4]



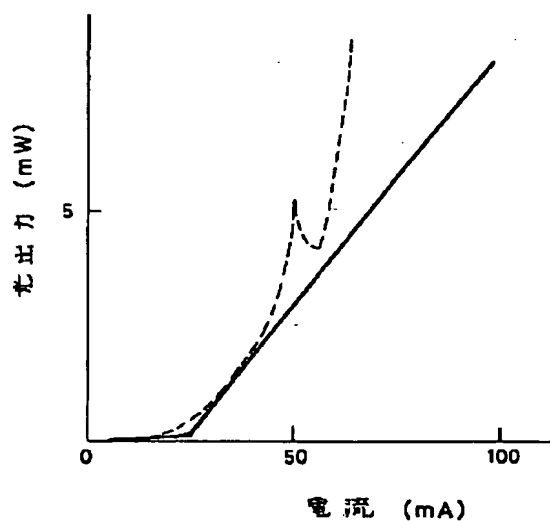
[Drawing 5]



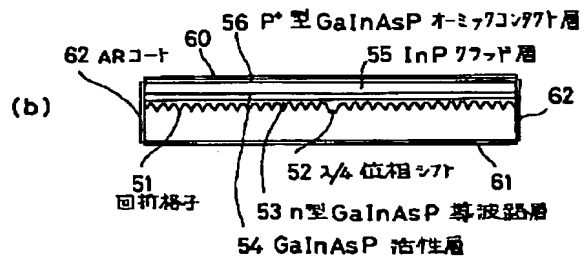
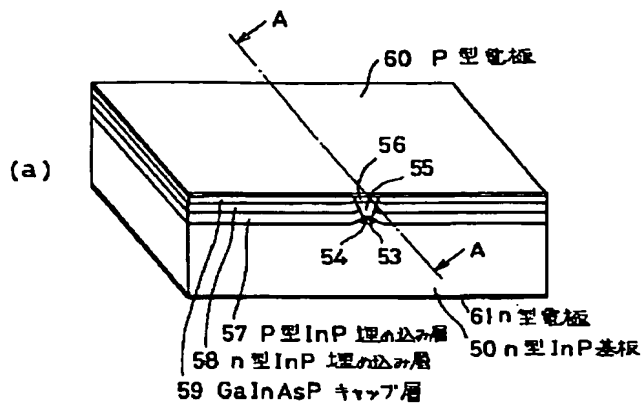
[Drawing 6]

破線：全面電極の場合

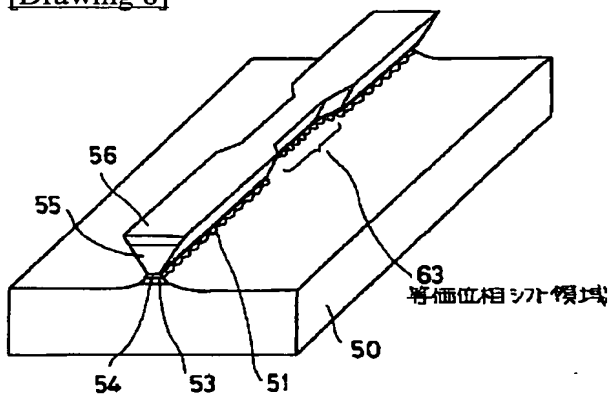
実線：21-1a, 21-3a が OFF の場合



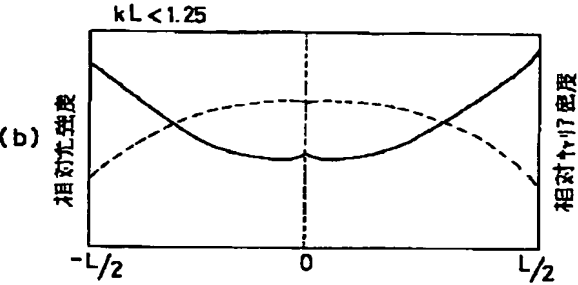
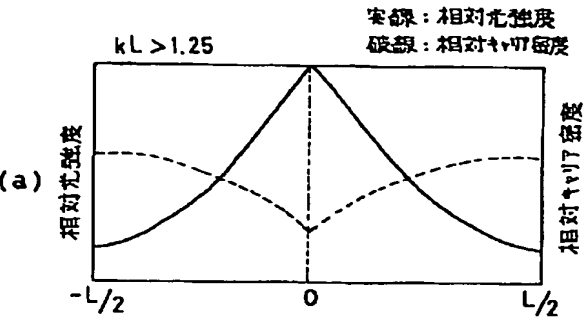
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-167195

(43)公開日 平成5年(1993)7月2日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/18

G 0 2 B 6/12

識別記号

庁内整理番号

9170-4M

B 7036-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数7(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-333572

(22)出願日 平成3年(1991)12月17日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 木下 順一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 大塚 一昭

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

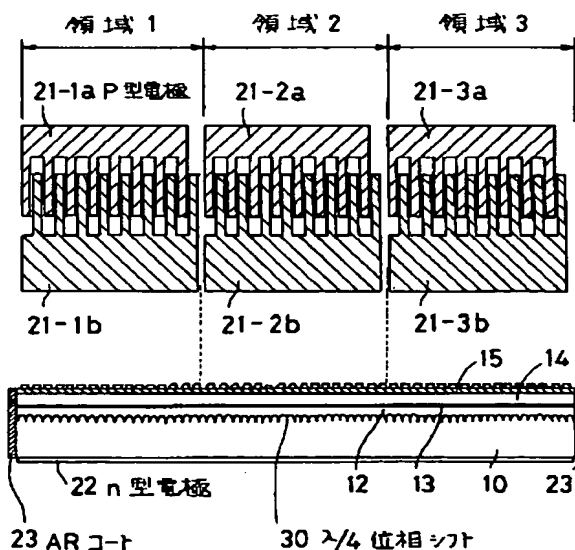
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 分布帰還型半導体レーザ及びその駆動方法

(57)【要約】

【目的】軸方向のホールバーニングの影響が少ない分布帰還型半導体レーザを提供することを目的とする。

【構成】GaInAsP/InP系埋込み構造の位相シフト型DFBレーザにおけるp型電極が独立電極領域1乃至3に分割される。例えば領域1において独立な櫛状電極21-1a、21-1bに分割されており、それらのうち一方の電極21-1aの電極指(櫛の歯)が共振軸を中心に向かい合う他の電極21-1bの指の間に入り込んでいる。他の領域2、3も同様である。素子の特性に応じて電極をし、それらの選択された電極をワイヤボンディングにより接続し、一チャンネルで電流が印加される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層を含む導波路構造に沿って周期構造を有する分布帰還型半導体レーザにおいて、上記活性層に電流を注入するための電極が上記導波路方向に対し複数の電極領域に分割され、かつ上記複数の電極領域はそれぞれ電極指を有する独立した一対の櫛状電極からなり、かつ一方の上記櫛状電極の電極指は他方の上記櫛状電極の電極指の間に入り込んでいることを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項2】 請求項1記載の分布帰還型半導体レーザにおいて、複数の上記櫛状電極における一部の上記櫛状電極を接続しかつ電流を注入することを特徴とする分布帰還型半導体レーザの駆動方法。

【請求項3】 活性層を含む導波路構造に沿って周期構造を有し、メサストライプ状の上記導波路構造の周囲を上記導波路より屈折率の低い半導体層で埋め込んで形成される埋め込み分布帰還型半導体レーザにおいて、相対光密度が増加する領域の抵抗が周囲より小さいことを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項4】 上記活性層の幅は、上記メサストライプの最上層の凹凸形状に応じた幅であることを特徴とする請求項3記載の分布帰還型半導体レーザ。

【請求項5】 上記領域が不純物を高濃度を含むことを特徴とする請求項3記載の分布帰還型半導体レーザ。

【請求項6】 上記不純物が亜鉛であることを特徴とする請求項5記載の分布帰還型半導体レーザ。

【請求項7】 上記領域における上記メサストライプの最上層が凹部であることを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光導波路に沿って形成された回折格子によって光帰還を行う分布帰還型半導体レーザ、特に一本の発振線で発振する単一モード分布帰還型半導体レーザに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、光通信用の光源として、分布帰還型半導体レーザ（DFB(Distributed Feedback) Laser）が使用されている。この素子は光導波路に沿って周期的摂動（回折格子）を設け、その波長選択性により単一の発振線（単一縦モード）での動作が実現できる。特に、長距離高速光通信用の光源としてGaInAsP/InP系材料を用いてこのDFBレーザの実用化が進んでいる。

【0003】一般に、半導体レーザは、その両方の端面を反射鏡として光のフィードバックをかけている。（FP型：Fabry-Perot（ファブリ・ペロー）型）。これに対して、DFBレーザは、波長選択性のある回折格子によって光のフィードバックを行っているのが特徴といえる。従って、基本的には端面の反射はなくてもよい。しかし、このレーザでは、回折格子の形状や深さ、及び必

然的に形成されてしまう端面での反射の大きさと回折格子の位相によって単一縦モード発振の実現性がきまる。従って、必ずしも単一モードでは発振せずその歩留まりは低い。

【0004】これに対し、位相シフト型のDFBレーザがある。これは両劈開端面の反射率を低下させ、かつ共振器中央に回折格子の周期の不連続（位相シフト）部（管内波長 λ の $1/4$ に相当する位相だけシフトしている）を有する構造である。この $\lambda/4$ シフト構造の素子は縦モードの発振閾値ゲイン差も大きいため、単一モード動作に極めて有利である。

【0005】通常、位相シフトを有する回折格子は、ボジ型レジストとネガ型レジストを組み合わせる二光束干渉露光を行う方法（例えば、宇高他、昭和60年度春季応用物理学会講演予稿、29p-ZB-15）、又は、位相マスクを用いて二光束干渉露光を行う方法（例えば、白崎他、昭和60年電子情報通信学会、半導体材料部門大会（秋）311、同じく、白崎他、昭和60年電子情報通信学会、光量子エレクトロニクス研究会報告、OQE85-60）等により形成されている。これらの方法は、レジストの種類、露光条件等、また、位相マスクの設計および不要反射の低減等条件の最適化が再現性に乏しく、位相シフトを有する回折格子の形成方法は困難である。

【0006】ここで、GaInAsP/InP系埋め込み構造の位相シフト型DFBレーザについて、図7を参照して詳細に説明する。まず、n型InP基板50上に二光束干渉露光法で1次の回折格子51を形成する。図7(b)の $\lambda/4$ 位相シフト52は上述の方法により形成される。その上にn型GaInAsP導波路層53（ $\lambda=1.3\mu\text{m}$ 帯組成）、アンドープGaInAsP活性層54（ $1.55\mu\text{m}$ 帯組成）、p型InPクラッド層55、p'型GaInAsPオーミックコンタクト層56（ $\lambda=1.15\mu\text{m}$ 帯組成）を順次積層し、それらをストライプ状にメサエッチングする。その後、ストライプの周囲に、p型InP埋め込み層57、n型InP埋め込み層58、アンドープGaInAsPキャップ層59（ $\lambda=1.15\mu\text{m}$ 帯組成）を形成し埋め込む（BH構造）。次に主面にp型電極、裏面にn型電極を形成する。この時、埋め込み領域ではpn逆バイアス接合によって電流がブロックされるため、GaInAsP活性層54のみに電流が効率よく注入される。また、両劈開端面の反射率をAR（Anti-reflection）コート62により低下させている。

【0007】位相シフト型DFBレーザは、端面反射を極めて小さくしているため、端面の位相の影響が少なく、単一縦モードで発振しやすいが、次のような欠点をもっている。

（1）実際の位相シフトの形成が難しい。

（2）位相シフトはほぼ共振器の中央に位置する必要があるが、結晶成長後、その位置が目視できない。

【0008】これらを解決するために、等価位相シフトを形成する方法がある。これは、回折格子に実際の位相シフトを形成する代わりに、導波路の幅や厚さ等の寸法が周囲と異なる等価位相シフト領域を設けるものである。該等価位相シフト領域の等価屈折率が周囲と異なるため、伝搬光はこの領域の通過前後で回折格子に対する相対位相が変化する。従って、等価的に位相シフトが形成されたことになり、位相シフトを有する回折格子を形成することなく、回折格子は均一に形成すれば良い。

【0009】従来の等価位相シフト型DFBレーザを図8により説明する。GaInAsP 活性層54の幅を共振器中央領域で狭くした等価位相シフト領域63を有するものである。これは、ストライプを形成する際に、共振器中央領域のストライプ幅が狭く変化しているストライプパターンマスクを形成し、メサエッチングすることにより容易に実現できる。特に、位相シフト構造特有の工程は必要ない上、従来の単純位相シフト構造と同等以上の特性を実現している（例えば、松山他、平成2年度春季応用物理学会講演予稿、30a-SA-17）。

【0010】しかし、等価位相シフト型DFBレーザにおいては、n型GaInAsP 導波路層53及びGaInAsP 活性層54の厚さがウェハ毎でばらついた場合に等価屈折率にばらつきが起こる。その結果、所望のシフト量を実現するための等価位相シフト領域63の長さが変化する。ゆえに、位相シフトの量がばらついてしまう。また、厚さの変化に対応して等価位相シフト領域長の異なる何種類かのマスクが必要となる。

【0011】ところで、位相シフト型DFBレーザでは、軸方向のホールバーニング現象が起こり、単一縦モード性が発振後に損なわれることがある。（例えば、雙田他、電子情報通信学会、光量子エレクトロニクス研究会 OQE87-7p. 49-56、1986年）つまり、規格化結合係数 κL （ L ：共振器長）の値が1.25より大きい場合（図9（a））には、 $\lambda/4$ 位相シフト52の位置に導波光が集中する（実線）。この様な、共振器軸方向の光強度分布の大きな偏りは、GaInAsP 活性層54内の相対キャリア密度の分布を変化させる。つまり、光の集中している部分のキャリア密度は減少する（破線）。更に、この分布に対応して導波路の屈折率が変化する。この導波路構造の変化により、せっかく大きい値であった縦モード間のゲイン差が小さくなる。つまり、単一縦モード性が大きく損なわれる。

【0012】また、図9（b）で示すように、 κL の値が1.25より小さい場合には、共振器中央部での導波光の相対密度が減少する（実線）。そのため、中央部では相対キャリア密度は増加する（破線）。ゆえに、中央部の屈折率が小さくなる。この場合も位相シフトの最適値（ $\lambda/4$ ）を打ち消すのでゲイン差が小さくなる。この結果、やはり単一縦モード性が大きく損なわれる。

【0013】次に、ホールバーニング現象がレーザ特性

に及ぼす影響を説明する。発振後、連続的にスローブ効率が良くなるいわゆるスーパーリニアなカーブを描く。このような特性の素子は、出力信号に歪が生じるので、特にアナログ通信には応用できない。直線性の良いI-L（電流-光出力）特性を持つ素子が望まれている。また、ノンリニアな出力特性を示した後、不連続点であるキンク（kink）が生じ、シングルモードから2モード動作にジャンプしてしまうことが多い。

【0014】幅を狭くした等価位相シフト型DFBレーザは、等価位相シフト領域での光の閉じ込めが小さく相対的に等価屈折率変化が小さいため、ホールバーニングの影響が少ないと言われている。（例えば、中野他、昭和63年度秋季応用物理学会講演予稿、6p-ZC-7。）しかし、この効果も十分ではない。

【0015】この軸方向のホールバーニングを補償する方法として、不均一電流注入法が提案されている（例えば、宇佐見他、昭和63年電子情報通信学会秋季全国大会、C155、1988年）。これは、レーザの電極を、独立に電流注入可能な複数の電極に軸方向に対して分割し、外部から各電極に別々の量の電流を流すものである。ホールバーニングにより相対的にキャリア密度が減少した領域の電極に、この減少分を補償するように電流を多く注入すれば、光出力のノンリニアティや2モード化を防ぐことができる。しかし、素子の外部に分割された電極の数だけ可変抵抗が必要である。それら可変抵抗の調整を含めて、制御系が複雑であり、モジュールとしてのコストが上がる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】位相シフト型DFBレーザは、位相シフトの形成が難しいこと、及び位相シフトの位置が共振器中央にあるかどうか目視できない。そのため、等価位相シフトを形成する方法があるが、活性層や導波路層の厚さの変化に対応して位相シフト長の異なる何種類かのマスクが必要となり、手間がかかる。

【0017】また、位相シフト型DFBレーザでは、軸方向のホールバーニング現象が起こり、単一縦モード性が発振後に損なわれることがある。幅を狭くした等価位相シフト型DFBレーザでも、ホールバーニングの影響の除去は十分ではない。そのため、ホールバーニングを補償する方法として不均一電流注入法がある。しかしながら、独立した複数の電極に別々の量の電流を流すために、素子の外部に分割された電極の数だけ可変抵抗が必要となり、制御系が複雑である。

【0018】それ故、本発明は、軸方向のホールバーニングの影響が少ない分布帰還型半導体レーザを提供すると共に、簡単に位相シフト量が制御でき、また素子外部の制御系に負担をかけないことを目的とするものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明は、ホールバーニ

10

20

30

40

50

ングの影響を少なくするために、ホールバーニングによるキャリア密度の相対変化の補償を、次に示すようにする。

【0020】第一の方法は、DFBレーザにおいてストライプ状にメサエッチングする際、オーミックコンタクト層の厚さを位相シフト領域と該位相シフト領域外の領域とで変えることにより、メサエッチング後の導波路及び活性層の幅を制御するものである。

【0021】第二の方法は、位相シフト領域における電極と活性層の間の抵抗を小さくするものである。DFBレーザにおいて埋め込み層が形成された後に、電極-活性層間の距離を小さくするように、位相シフト領域のオーミックコンタクト層をエッチングしたり、また位相シフト領域に不純物の拡散またはイオンの打ち込み等で不純物濃度を部分的に上げる。

【0022】第三の方法は、DFBレーザに形成される注入電極を複数の櫛状電極とし、該櫛状電極の歯の間隔を変えるものである。櫛の歯の間隔を変化させることにより電極-活性層間の抵抗値を等価的に変化させる。櫛の歯の間隔の調整は、この歯の間に入り込んでいる別の電極指からの電流を注入するかしないかで実効的に行う。つまり、特性に応じて電極の選択をし、ワイヤボンディングをする。外部からは1チャンネルで電流を印加する。

【0023】換言すれば、活性層に電流を注入するための電極が軸方向に複数の独立電極領域に分割され、かつそれぞれの電極領域がさらに独立な櫛の歯状の複数の電極に分割され、かつ櫛状電極の指が他の櫛状電極の指の間に入り込んでいることを特徴とするDFBレーザの構造であり、独立な櫛の歯状の複数の電極指の一部のみを選択して電流を流すことを特徴とするものである。

【0024】

【作用】第一の方法によると、オーミックコンタクト層の厚さを位相シフト領域と該位相シフト領域外の領域とで変えることにより、メサエッチング後に導波路及び活性層の幅を位相シフト領域と該位相シフト領域外の領域とで変化させる。それにより、等価屈折率が変わり、等価的に位相シフト領域を設けたことになる。

【0025】また、位相シフト領域での電極から活性層までの距離の違いで、活性層への電流注入量が変わるため、ホールバーニングによるキャリア密度の相対変化を補償できるものである。更に、従来のように活性層と導波路の厚さのバラツキにあわせた位相シフトのマスクを用意することなく、簡単に等価位相型DFBレーザが形成できる。

【0026】第二に、位相シフト領域のオーミックコンタクト層を低くすることで、電極と活性層間の距離が小さくなる。また、位相シフト領域の不純物濃度を上げることで、電極と活性層の間の抵抗を小さくできる。発振後は活性層の電位は一定となるので、電極と活性層

間の抵抗値により活性層への電流注入量が変わる。従って、抵抗の小さい箇所にキャリアの注入が増え、軸方向のホールバーニングによるキャリア密度の相対変化を補償できるものである。

【0027】第三の方法によれば、活性層に電流を注入するための電極が軸方向に複数の独立した櫛状電極に分割され、更に、櫛状電極の指が他の櫛状電極の指の間に入り込んでいることにより、接続する電極を変えることで、制御良く電極-活性層間の抵抗値を等価的に変化させ活性層への電流注入量を変えることができる。つまり、等価抵抗の小さい箇所はキャリアの注入が増える。これにより、軸方向のホールバーニングによるキャリア密度の相対変化を補償できるものである。

【0028】

【実施例】以下、本発明をGaInAsP/InP系埋込み型構造をもつDFBレーザに実施した例を、以下図面を参照して詳細に説明する。

【0029】第一実施例は、等価位相シフト型DFBレーザに適用した例である。図1は、活性層ストライプの幅を共振器中央で狭くした等価位相シフト領域100を有する本発明によるメサストライプの斜視図である。等価位相シフト領域100上のオーミックコンタクト層凸部110は、等価位相シフト領域100外上のP'型GaInAsPオーミックコンタクト層15より厚く形成されている。

【0030】それらのオーミックコンタクト層の段差は、ストライプ状にメサエッチングする前に、ウェハを適当なマスクで選択的にP'型GaInAsPオーミックコンタクト層15をエッチングすることで容易に形成できる。この段差の寸法はエッチング時間で制御される。

【0031】オーミックコンタクト層凸部110とP'型GaInAsPオーミックコンタクト層15上に同じ幅のストライプパターンマスクをしてメサエッチングを行う場合、(111)A面に沿って逆三角形断面形状でエッチングが進む。従ってGaInAsP活性層13側面を(111)A面に形成する場合は、オーミックコンタクト層が厚い等価位相シフト領域100の方が他の領域より、n型GaInAsP導波路層12+GaInAsP活性層13は幅が狭くなる(図2(a))。つまり、n型GaInAsP導波路層12+GaInAsP活性層13の幅の差は、オーミックコンタクト層凸部110とP'型GaInAsPオーミックコンタクト層15の段差で決まる。

【0032】従って、活性層等の厚さに応じてオーミックコンタクト層の段差を制御し(従って幅を制御し)、等価位相シフト量が制御できる。そのため、ストライプマスクの種類も等価位相シフト領域長を変える必要がなく、一種類で済む。

【0033】この場合、等価位相シフト領域100で、GaInAsP活性層13の幅が狭く、また電極との距離の大きいいため、抵抗が大きくなる。ゆえに、発振後の等価位

相シフト領域100への電流注入量が相対的に減少する。 κL (規格化結合係数)の値が1.25より小さく位相シフト部での相対光強度が小さいときに、ホールバーニングを抑えるのに有効である。

【0034】また、逆に等価位相シフト領域100のオーミックコンタクト層をへこませた場合は、GaInAsP 活性層13の幅が広く、また電極との距離も小さいので、抵抗が小さくなる。ゆえに、発振後は位相シフト領域への電流注入量が相対的に増加する。このため、 κL の値が1.25より大きく位相シフト部のキャリア密度が相対的に減少するときに、ホールバーニングを抑えるのに有効である。しかし、GaInAsP 活性層13の幅が相対的に広がることで光の閉じ込め係数が大きくなり屈折率の変化が大きくなる。これとの兼ね合いがホールバーニングが抑制のポイントである。

【0035】上記第一実施例は、メサの括れの上に(111)A面を側面として活性層を形成する場合である。これに対して、メサの括れの下の方の部分に活性層側面を形成する場合は、図2(b)に示すように、等価位相シフト領域の方が活性層等の幅は広がる。

【0036】次に、第二実施例を図3より示す。図3は、位相シフト型DFBレーザにおいてストライプ状にメサエッチングをし、ストライプの両側にP型InP 埋め込み層16、n型InP 埋め込み層17、GaInAsP キャップ層18を順次形成したものである。その後、位相シフトを有する共振器中央領域上のP'型GaInAsP オーミックコンタクト層15にエッチングが施され凹領域120が形成される。このため、位相シフト領域の抵抗は周囲より小さくなる。従って、電流が補償されるように注入されるので、ホールバーニングが抑制され、単一縦モード動作で直線性の良い光出力-電流特性が数10mWまで得られる。

【0037】更に、第三実施例を図4より示す。第二実施例と同様GaInAsP キャップ層18まで形成した位相シフト型DFBレーザに、位相シフトのある共振器中央領域に不純物、例えば亜鉛を選択拡散して亜鉛拡散領域130を形成する。同図(b)及び(c)は、それぞれ亜鉛拡散領域130を有する共振器中央部と共振器端部の断面図である。

【0038】亜鉛を高濃度に拡散した領域は抵抗が低くなり、さらに広めに拡散しているためいっそう低抵抗化している。拡散部は未拡散部の半分以下の抵抗値である(共振器長300 μ mで全体の抵抗は約4 Ω である)。従って、キャリア密度の減る共振器中央部に電流が補償されるように注入されるので、ホールバーニングが抑制され、単一縦モード動作で直進性の良い光出力-電流特性が100mWまで得られる。

【0039】この素子の κL の値は2.5である。この値において、従来の不純物拡散領域がない素子では、20mW以下で光出力-電流特性が飽和傾向を示し、モー

ドジャンプを起こして2モードになっていた。しかしながら、第二及び第三実施例のように位相シフト領域の低抵抗化を図ることにより、いちじるしくI-L特性が向上することができる。

【0040】最後に、第四実施例を図5より示す。同図は、GaInAsP/InP 系埋込み構造を有する位相シフト型DFBレーザにおける、p型電極の電極構造の平面図と共振器軸方向の断面図である。電極は共振器軸方向に対して3つの領域に分割されている(領域1、2、3)。それぞれの領域は共振軸を中心に向かい合う櫛の歯を有する櫛状の二つ電極(櫛状電極:21-1a, 21-1b, 21-2a, 21-2b, 21-3a, 21-3b)で構成されている。例えば、領域1は電極21-1a, 21-1bにより構成されており、電極21-1aの櫛の歯(電極指)は電極21-1bの電極指の間に入り込んでおり、それらの噛み合わせ部分は少なくともストライプ部分上を含んでいる。

【0041】単独の電極指の間隔は、GaInAsP 活性層13に電流が流れる際に、全面電極と比べて等価的な抵抗が大きくなるような値に設定する。つまりGaInAsP 活性層13付近では電流が広がっているが、電極指直下では電流は電極指の幅に依存して狭い。これに対して、噛み合っている電極指が両方とも機能するときには、全面電極に近い抵抗値を示す。

【0042】 κL 値が1.25より大きい場合は、 $\lambda/4$ 位相シフト位置30に導波光が集中し、キャリア密度は減少する。この場合には、電極21-1aと21-3aを除いた他の4つの電極にのみ電流が流れるようにワイヤボンディングする。外部からは一チャンネルで電流を印加する。これを動作させると、領域1と3では対になっている電極の一方、つまり電極21-1bと21-3bしか機能していないため、抵抗が大きくなる。一方、領域2では対電極21-2a, 21-2bの両方が機能しており、抵抗は小さい。従って、ホールバーニングによりキャリア密度が相対的に減少している共振器中央部に多くの電流が流れる。これにより、ホールバーニングによる相対キャリア密度の減少を補償できる。

【0043】この場合のI-L特性は、図6の実線に示されるように直線性のよいものである。破線に示される全面電極の場合のように不連続点であるキンクが生じることなく、変化の少ない安定なシングルモードが得られている。

【0044】また、 κL 値が1.25より小さい場合は、共振器中央部での導波光の相対密度が減少し、相対キャリア密度が増加する。この場合には、電極指21-2aを除いた他の5つの電極にのみ電流が流れるようにワイヤボンディングする。これを動作させると、領域2では対電極の一方しか機能しないため、抵抗が大きくなる。一方、領域1、3では対電極の両方が機能し、抵抗は小さい。従って、ホールバーニングにより相対キャリ

10

20

30

40

50

ア密度が増加する共振器中央部に流れる電流を少なくでき、ホールバーニングによるキャリア密度の相対変化を補償できる。

【0045】このように、素子の特性により、機能させる電極を選択すればよいので、任意の κL 値でもホールバーニングの悪影響の少ない素子が得られる。また、ホールバーニングの程度により、電極指の幅を変えたり、3領域に分けるだけでなく、3領域以上に分けることにより選択する幅が広がる。

【0046】本発明は、GaInAsP/InP 系埋込み構造をもつ位相シフト型DFBレーザに限らず、他の材料、他のストライプ構造にも適用可能である。また、位相シフト型だけでなく端面に光パワーが集中する分布帰還型半導体レーザ構造にも適用可能である。

【0047】

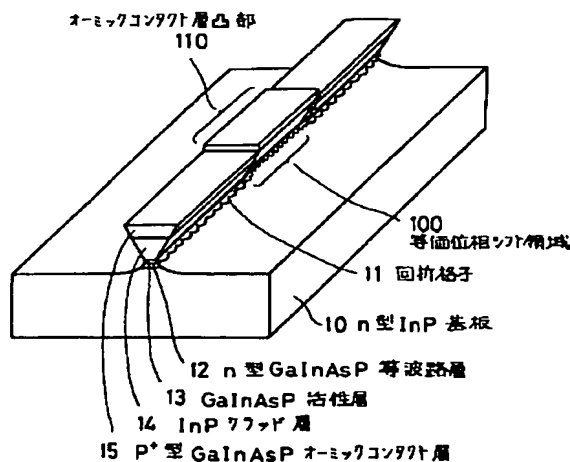
【発明の効果】本発明によれば、いずれの方法でもホールバーニングを抑えて高い光出力まで単一縦モードを維持できる素子を提供できる。その上、オーミックコンタクト層の厚さを共振器中央領域で変えることにより、活性層厚さがウェハ毎にばらついた場合でも、所望の位相シフト量を簡単に制御できる。

【0048】また、電極の形状を複数の独立した櫛状電極の噛み合わせにすることにより、素子の特性に応じてそれらの櫛状電極を接続することにより一チャンネルで電流注入ができる。そのため、外部回路にあらたな負担は生じることなく、複雑な制御を要しない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第一実施例のGaInAsP/InP 系埋込み構造の等価位相シフト型DFBレーザのメサストライ

【図1】



プの斜視図である。

【図2】図1における等価位相シフト領域及び他の領域の断面図である。

【図3】本発明による第二実施例のGaInAsP/InP 系埋込み構造の位相シフト型DFBレーザのメサストライプの斜視図である。

【図4】本発明による第三実施例のGaInAsP/InP 系埋込み構造の位相シフト型DFBレーザのメサストライプの斜視図及び部分断面図である。

10 【図5】本発明による第四実施例のGaInAsP/InP 系埋込み型構造をもつ位相シフトDFBレーザのp側電極の平面図と共振器軸方向の断面図である。

【図6】第四実施例の動作特性を表す電流-光出力（I-L）特性を示す図である。

【図7】従来のGaInAsP/InP 系埋込み構造の位相シフト型DFBレーザチップの斜視図及びA-A断面図である。

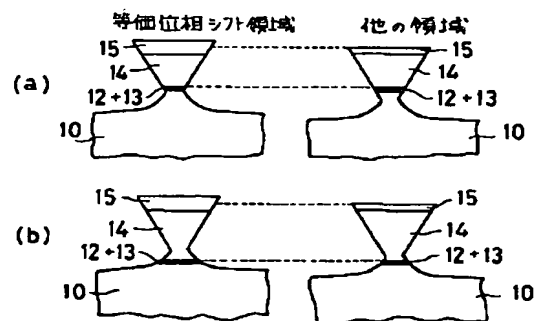
【図8】従来のGaInAsP/InP 系埋込み構造の等価位相シフト型DFBレーザのメサストライプの斜視図である。

20 【図9】図7に示されるレーザの軸方向の相対光強度及び相対キャリア密度を示す図である。

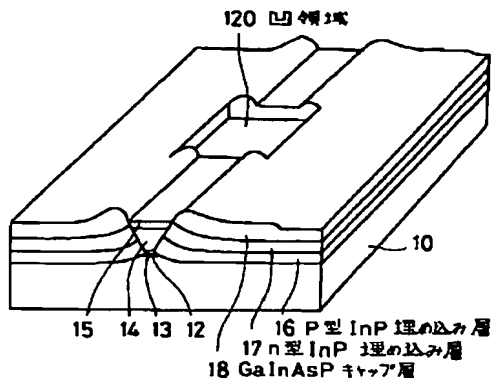
【符号の説明】

10…n型InP基板、11…回折格子、12…n型GaInAsP導波路層、13…GaInAsP活性層、14…p型InPクラッド層、15…p+型GaInAsPオーミックコンタクト層、16…p型InP埋め込み層、17…n型InP埋め込み層、18…GaInAsPキャップ層、21-NX（N：1，2，3，X：a，b）…p電極、22…n電極、23…ARコート、30… $\lambda/4$ 位相シフト。

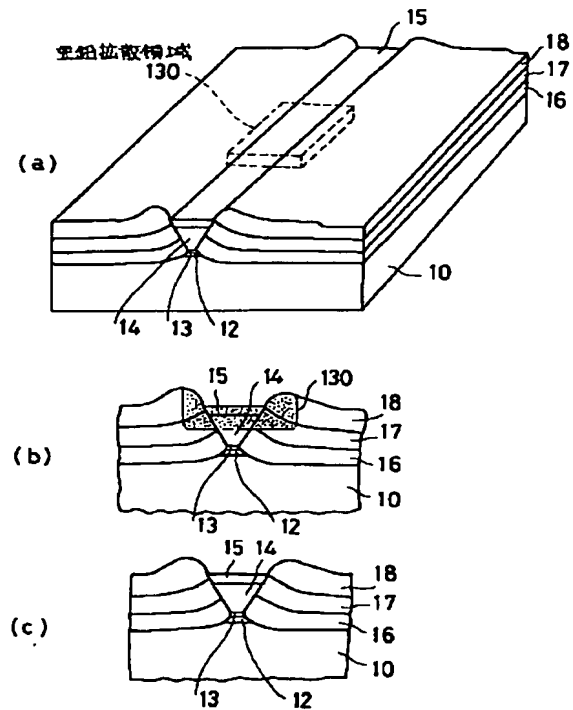
【図2】



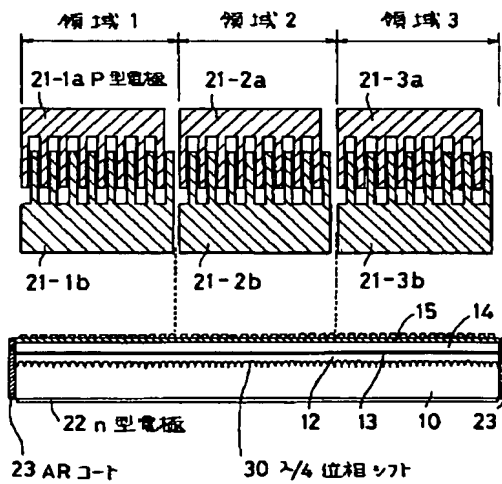
【図3】



【図4】

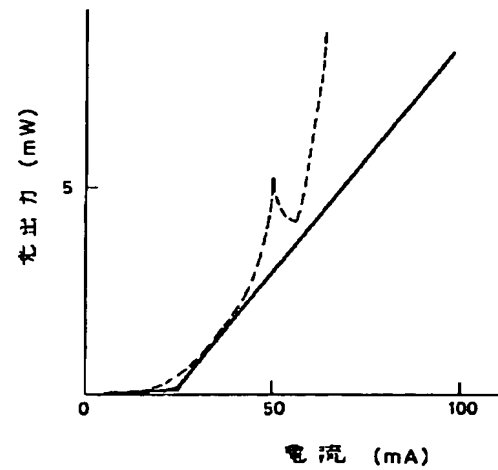


【図5】

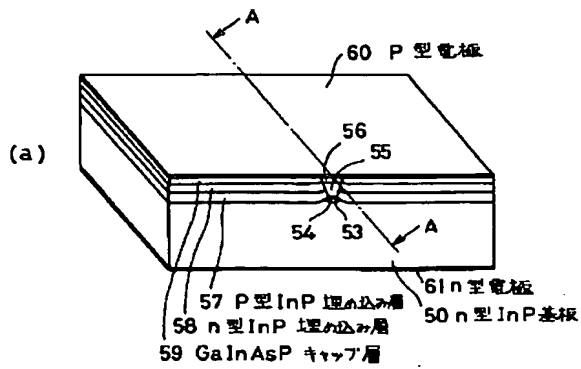


【図6】

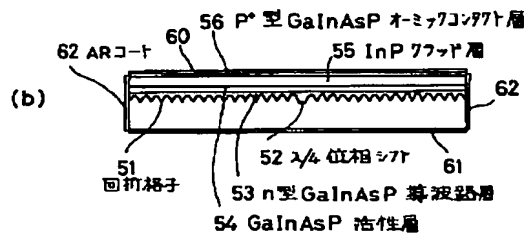
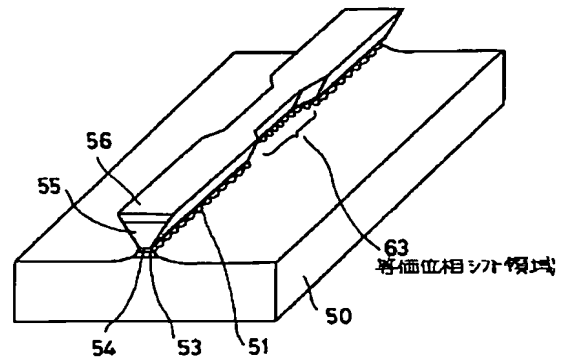
破線: 全面電極の場合
実線: 21-1a, 21-3a が OFF の場合



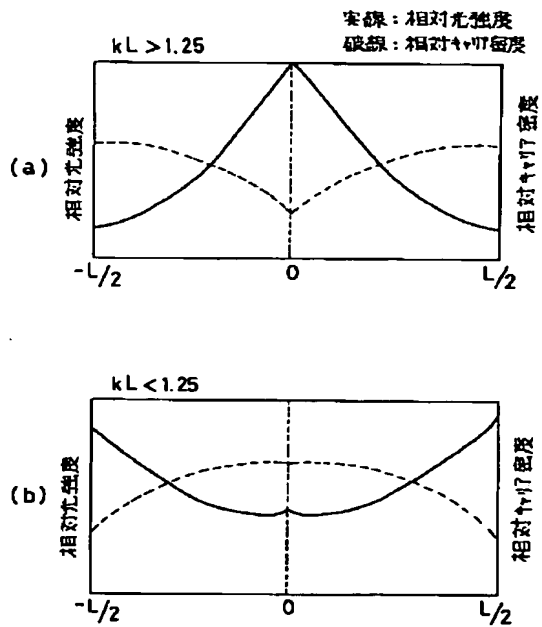
【図 7】



【図 8】



【図 9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.